

碳排放

學習階段： 3

學習範疇： 數與代數

學習單位： 整數指數律 (科學記數法)

目標： 應用整數指數律解現實生活中的問題

先備知識： 百分法

與其他 STEM 教育的學習領域的關係：

- (i) 初中科學科單元五「能量」中的課題「能源」
- (ii) 初中科學科單元七「生物與空氣」中的課題「空氣質素」

活動詳情：

比較不同燃料發電時的碳排放和氣體排放。

活動

碳排放是指二氧化碳的排放，二氧化碳是一種可導致氣候變化的溫室氣體。**氣體排放**是指空氣污染物的排放。現時，政府監察的污染物主要為二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x)、可吸入懸浮粒子 (RSP 或稱為 PM10)、微細懸浮粒子 (FSP 或稱為 PM2.5)、揮發性有機化合物 (VOC) 和一氧化碳 (CO)。

根據中華電力有限公司 2016 年的數據，總售電量為 34442 百萬度 (GWh)。以下是不同發電燃料所生產及銷售的電力及其相關的碳排放和氣體排放的資料：

表 1 2016 年中電發電廠的發電燃料種類及比例

發電廠	發電燃料	發電燃料比例
青山發電廠	燃煤	41%
大亞灣核電站	核能	32%
龍鼓灘發電廠	天然氣	26%
竹篙灣發電廠	燃油	0.003%
廣州蓄能水電廠	水力發電	0.997%

表 2 2016 年中電發電廠的氣體排放表現

發電廠	碳排放 千公噸 (kT)	氣體排放 千公噸 (kT)			
	二氧化碳 CO ₂	二氧化硫 SO ₂	氮氧化物 NO _x	粒狀物 (總量)	粒狀物 (可吸入 懸浮粒子)
青山發電廠	14737	5.2	15.4	0.5	0.3
龍鼓灘發電廠	3745	0.05	1.6	0.06	0.06
竹篙灣發電廠	1.2	5×10^{-6}	1.8×10^{-3}	3×10^{-5}	3×10^{-5}

備註：

- 耗電量的單位是瓦特小時 (Wh)，其中一度「電」的測量單位是千瓦特小時 (kWh)
 $1 \text{ GWh} = 1 \times 10^9 \text{ Wh}$ 和 $1 \text{ kWh} = 1 \times 10^3 \text{ Wh}$ 。
- 重量的單位是公噸 (T)
 $1 \text{ T} = 1 \times 10^3 \text{ kg}$ 和 $1 \text{ kT} = 1 \times 10^3 \text{ T}$ 。

1. 已知中華電力於 2016 年的總售電量為 34442 GWh。試計算各種發電燃料所售出的電量，如有需要，答案須準確至 2 位小數。

發電廠	發電燃料	發電燃料比例	售出的電量 (GWh)
青山發電廠	燃煤	41%	
大亞灣核電站	核能	32%	
龍鼓灘發電廠	天然氣	26%	
竹篙灣發電廠	燃油	0.003%	
廣州蓄能水電廠	水力發電	0.997%	

2. 參考表 2 的 2016 年香港的中電發電廠的氣體排放表現，於下表計算利用燃煤和天然氣發電時，每度電 (kWh) 所產生的碳排放量 (kg) 和氣體排放量 (kg)，答案須準確至 3 位有效數字，並以科學記數法表示。

發電廠	發電燃料	碳排放 (kg)	氣體排放 (kg)			
		二氧化碳 CO ₂	二氧化硫 SO ₂	氮氧化物 NO _x	粒狀物 (總量)	粒狀物 (可吸入懸浮粒子)
青山	燃煤					
龍鼓灘	天然氣					

3. 利用問題 2 的結果：
- (a) 試比較利用燃煤和天然氣發電時每度電所產生的碳排放量，並以倍數表示它們之間的關係，答案須準確至 1 位小數。

(b) 試在不用計算的情況下，指出利用燃煤和天然氣發電時每度電所產生的二氧化硫、氮氧化物、粒狀物排放量，哪一項有最大的差別？

4. 假設核能發電和水力發電是零碳排放，

(a) 試計算售出的每度電 (kWh) 碳排放量 (kg) 的平均值，答案須準確至 2 位小數。

(b) 根據你的電費單中平均每日用電量的圖表，計算過往數年你的住宅之平均每日用電量所產生的碳排放數量的最大值和最小值。你亦可以利用家用冷氣機的能源標籤，研究夏季每晚開啟冷氣機 8 小時所產生的碳排放量。

(c) 假若中華電力使用天然氣取締燃煤發電，每度電的碳排放量之平均值會否減少一半？

教師備註：

教師可參考《中電資料冊》第 42 頁 (<https://www.clp.com.hk/infokit>) 認識不同發電燃料的特性。

參考答案：

1. 已知中華電力於 2016 年的總售電量為 34442 GWh。試計算各種發電燃料所售出的電量，如有需要，答案須準確至 2 位小數。

發電廠	發電燃料	發電燃料比例	售出的電量 (GWh)
青山發電廠	燃煤	41%	14121.22
大亞灣核電站	核能	32%	11021.44
龍鼓灘發電廠	天然氣	26%	8954.92
竹篙灣發電廠	燃油	0.003%	1.03
廣州蓄能水電廠	水力發電	0.997%	343.39

2. 參考表 2 的 2016 年香港的中電發電廠的氣體排放表現，於下表計算利用燃煤和天然氣發電時，每度電 (kWh) 所產生的碳排放量 (kg) 和氣體排放量 (kg)，答案須準確至 3 位有效數字，並以科學記數法表示。

發電廠	發電燃料	碳排放 (kg)	氣體排放 (kg)			
		二氧化碳 CO ₂	二氧化硫 SO ₂	氮氧化物 NO _x	粒狀物 (總量)	粒狀物 (可吸入懸浮粒子)
青山	燃煤	1.04	3.68×10^{-4}	1.09×10^{-3}	3.54×10^{-5}	2.12×10^{-5}
龍鼓灘	天然氣	4.18×10^{-1}	5.58×10^{-6}	1.79×10^{-4}	6.70×10^{-6}	6.70×10^{-6}

3. 利用問題 2 的結果：

- (a) 試比較利用燃煤和天然氣發電時每度電所產生的碳排放量，並以倍數表示它們之間的關係，答案須準確至 1 位小數。

$$\frac{1.04}{0.418}$$

$$\approx 2.5$$

∴ 燃煤發電所產生的碳排放約是天然氣發電的 2.5 倍。

- (b) 試在不用計算的情況下，指出利用燃煤和天然氣發電時每度電所產生的二氧化硫、氮氧化物、粒狀物排放量，哪一項有最大的差別？

根據問題 2 的結果，二氧化硫 (SO₂) 的氣體排放有最大差別，因為燃煤發電和天然氣發電的二氧化硫氣體排放的指數差別比其他氣體排放的指數差別大。

4. 假設核能發電和水力發電是零碳排放，

- (a) 試計算售出的每度電 (kWh) 碳排放量 (kg) 的平均值，答案須準確至 2 位小數。

售出的每度電的碳排放平均值

$$= \frac{(14737 + 3745 + 1.2) \times 10^6}{34442 \times 10^6} \text{ kg / kWh}$$

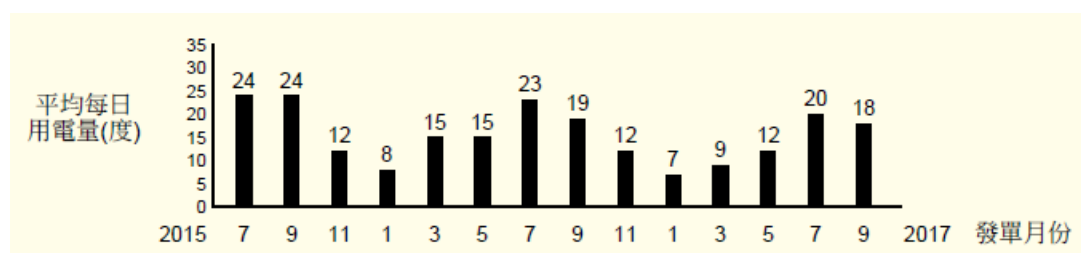
$$= \frac{18483.2}{34442} \text{ kg / kWh}$$

$$= 0.5366 \text{ kg / kWh}$$

$$\approx 0.54 \text{ kg / kWh}$$

- (b) 根據你的電費單中平均每日用電量的圖表，計算過往數年你的住宅之平均每日用電量所產生的碳排放數量的最大值和最小值。你亦可以利用家用冷氣機的能源標籤，研究夏季每晚開啟冷氣機 8 小時所產生的碳排放量。

注意：這是一條開放式問題。教師可以比較不同住宅所產生的碳排放量，教師亦可與學生討論為何夏季的碳排放量較冬季多。



根據我的電費單：

$$\begin{aligned} \text{平均每日用電量所產生的碳排放數量的最大值} &= (24 \times 0.5366) \text{ kg} \\ &= 12.88 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{平均每日用電量所產生的碳排放數量的最小值} &= (7 \times 0.5366) \text{ kg} \\ &= 3.76 \text{ kg} \end{aligned}$$

夏季經常開啟冷氣機，從而增加用電量及碳排放。



根據這部冷氣機的能源標籤，每年耗電量以每年使用 1200 小時計算，

$$\text{每年耗電量} = 966 \text{ kWh}$$

夏季時，若每晚開啟冷氣機 8 小時，每晚的碳排放是

$$\begin{aligned} &\left(\frac{966}{1200} \times 8 \times 0.5366 \right) \text{ kg} \\ &\approx 3.46 \text{ kg} \end{aligned}$$

- (c) 假若中華電力使用天然氣取締燃煤發電，每度電的碳排放量之平均值會否減少一半？

假若燃煤發電被天然氣取代，假設表 1 的其他發電燃料比例不變，即是用天然氣發電的比例為 67% (41% + 26%)，利用天然氣發電的碳排放是

$$\begin{aligned} &\left(3745 \times \frac{41+26}{26} \right) \text{ kT} \\ &= 9650.5769 \text{ kT} \end{aligned}$$

售出的每度電的碳排放平均值

$$\begin{aligned} &= \frac{(9650.5769 + 1.2) \times 10^6}{34442 \times 10^6} \text{ kg/kWh} \\ &= 0.2802 \text{ kg/kWh} \\ &\approx 0.28 \text{ kg/kWh} \end{aligned}$$

碳排放平均值的百分減少

$$= \frac{0.5366 - 0.2802}{0.5366} \times 100\%$$

= 47.78%

∴每度電的碳排放平均值不會減少一半，不過減值卻差不多是現在的一半。

參考資料：

中華電力有限公司 (2016)。 *2016 可持續發展報告*。取自中華電力有限公司網址
<https://www.clpgroup.com/tc/sustainability/sustainability-reports>

中華電力有限公司 (2017)。 *中電資料冊*。取自中華電力有限公司網址
<https://www.clp.com.hk/infokit>